

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-043195

[ST.10/C]:

[JP 2001-043195]

出 願 人

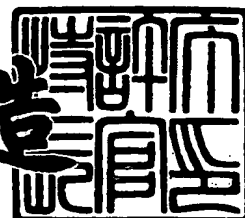
Applicant(s):

株式会社ニコン

2002年 3月 1日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3012275

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-01463

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号株式会社ニコン内

 【氏名】 八尋 威久

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100100413

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 渡部 温

【選任した代理人】

 【識別番号】 100110858

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 柳瀬 睦肇

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 033189

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0003412

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法及び荷電粒子線露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法であって、

前記原版パターンの位置（物面位置）に、計測用パターンを形成したレチクルを配置し、

前記転写パターンの位置（像面位置）に、計測用のナイフエッジ状基準マークを配置し、

前記計測用パターンを通過した計測用荷電粒子ビームで前記ナイフエッジ状基準マークを走査し、

前記ナイフエッジ状基準マークを通過した荷電粒子線をセンサで検出して処理することにより前記ビームのボケを測定し、

前記ナイフエッジ状基準マークの非開口部（ナイフエッジ板）の前記センサ側直近にビーム制限開口を配して、該ナイフエッジ板を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分を遮ることを特徴とする荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 2】 前記ナイフエッジ状基準マークから前記ビーム制限開口端縁を見込む角が、前記荷電粒子ビームの収束角よりも僅かに大きくなるよう、該ナイフエッジ状基準マークと該ビーム制限開口との間の距離（ギャップ）を選択することを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 3】 前記レチクル上の一括転写小領域（サブフィールド）内に、前記計測用パターンを分散させて複数配置し、該サブフィールド内のビームのボケの分布を測定することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 4】 前記レチクルの計測用パターンの周りにダミーパターンを設

け、該ダミーパターンを通過する荷電粒子線束（ダミービーム）の影響による空間電荷効果に起因する前記計測用荷電粒子線ビームのボケの分布を測定することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 5】 前記ビーム制限開口と前記センサとの間に第 2 のビーム制限用開口を配置し、前記ナイフエッジ板で散乱した荷電粒子線を遮ることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 6】 感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置であって、

前記感応基板上の転写パターンの位置（像面位置）に配置された、開口を有する計測用のナイフエッジ状基準マークと、

該マークの下方に配置された、該マークを通過した荷電粒子線を検出するセンサと、

前記ナイフエッジ状基準マークの非開口部（ナイフエッジ板）の前記センサ側直近に配置された、該ナイフエッジ板を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分遮るビーム制限開口と、

前記センサの検出結果に基づきビームのボケを測定するビームボケ測定手段と

を備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 7】 前記ビーム制限開口と前記センサとの間に配置された、前記ナイフエッジ板で散乱した荷電粒子線を遮る第 2 のビーム制限用開口をさらに備えることを特徴とする請求項 6 記載の荷電粒子線露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路等のリソグラフィに用いる荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置に関する。特には、サブフィールド（一括転写小領域）内の多数の計測位置で高精度なビームボケの分布の測定を行うことができる等の利点を有する荷電粒子線露光装置の結

像性能の評価方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【関連技術及び発明が解決しようとする課題】

電子線描画装置は、スループット（処理速度）の向上に限界があることが知られている。この電子線描画装置の高スループット化を目的として、大面積のパターンを一括して転写露光するタイプの電子線投影露光装置（E B ステッパー等）の開発が進められている。このような投影露光装置においては、電子ビームのボケ（Blur）を計測し、ビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション）や結像性能の評価を行う必要がある。

【 0 0 0 3 】

図 8 は、従来の電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

図 9 は、同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

図 1 0 は、同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

【 0 0 0 4 】

この電子線露光装置の最上流部には、図示せぬ照明ビーム源及び計測用パターンを有するレチクルが配置されており、その下方に図 8 及び図 9 に示すナイフエッジ状基準マーク 1 0 1 をもつ矩形開口が配置されている。計測用パターンを通過して成形された電子ビームは、ナイフエッジ状基準マーク 1 0 1 をもつ矩形開口上において、矩形ビーム E B （レチクルの転写像）として照射される。ナイフエッジ状基準マーク 1 0 1 の下方には、電子検出器（センサ） 1 0 5 が配置されている。

【 0 0 0 5 】

矩形ビーム E B を矢印方向（図 8 及び図 9 の右側）にスキャンすると、ナイフエッジ状基準マーク 1 0 1 の非開口部（ナイフエッジ板 1 0 0 ）に当たった電子は、ナイフエッジ板が厚い場合は吸収され、開口部 1 0 2 を通過した電子は電子検出器 1 0 5 に検出される。しかし、ナイフエッジ板が薄い場合（例えば厚さ 2 μ

mのSi)は、ナイフエッジ板100に当たった電子のほとんどは、ナイフエッジ板100を散乱を受けながら透過する。なお、ナイフエッジ状基準マーク101の幾何学的精度を上げるためには、ナイフエッジ板100は薄いほうが有利である。以下、このナイフエッジ板100は薄いものとして話を進める。

【0006】

電子検出器105で検出される電子は、開口部102を通過した無散乱電子e1と、ナイフエッジ板100を散乱透過した前方散乱電子e2である。これらの電子e1、e2に相当するビーム電流は、プリアンプ106で増幅された後、微分回路107で時間に対する変化率に換算され、その出力波形がオシロスコープ108で表示される。そして、この出力波形からビームボケが計測され、これに基づきビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション）や結像性能の評価が行われる。このようなビームボケの計測方法においては、電子ビームがナイフエッジ状基準マーク101の開口部102を通過するか否かによって計測のコントラストが得られる。

なお、この種のビームボケ計測方法としては、例えば特開平10-289851号公報、又は、特願2000-12620等がある。

【0007】

ところで、上述のビームボケ計測方法では、本来は電子検出器105に到達して欲しくない前方散乱電子e2の多くが、電子検出器105に到達してしまい、この前方散乱電子e2により計測のコントラストが悪化してしまう。すなわち、前方散乱電子e2がノイズ源になるため、図10に示すように、理想的な検出電流波形W（0レベルに沿った波形）からオフセットした検出電流波形W'が検出されるため、波形がなまって測定精度が悪化する。

【0008】

上記の電子線露光装置のビームボケ計測系の他に、以下に示すビームボケ計測系も考えられている。

図11は、電子線露光装置のビームボケ計測系の他の例を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

図12は、同ビームボケ計測系を上面から見た状態を模式的に示す平面図であ

る。

【 0 0 0 9 】

この例では、図 1 2 に分かり易く示すように、中央部の小さい矩形計測用ビーム E B 1 - 1 の周りに、中抜き正形状の大きいダミービーム E B 2 を配している。ダミービーム E B 2 は、計測用ビーム E B 1 にクーロン効果を及ぼす。この例では、実際の露光時におけるクーロン効果を想定したビームボケの計測を行うことができる。ダミービーム E B 2 は、レチクル（図示されず）の多数のメッシュ孔（パターン密度を試験的に変えるためのパターン）の転写像である。図 1 2 に示すように、ダミービーム E B 2 は、中心の 1 箇所の矩形ビーム E B 1 - 1 を取り囲むように照射される。このダミービーム E B 2 は、前述のように、空間電荷効果の計測のためにビーム電流を調整するビームである。

【 0 0 1 0 】

ナイフエッジ状基準マーク 1 0 1 の下方には、ビーム制限開口 1 0 4 が配置されている。このビーム制限開口 1 0 4 とナイフエッジ状基準マーク 1 0 1 との間の距離（図 1 2 の符号 h）は、数 mm ～ 2 0 mm 程度である。ビーム制限開口 1 0 4 の開口板 1 0 4 b は、十分に厚い（例えば 1 mm）導電性の金属板であり、この開口板 1 0 4 b に当たった電子線は吸収される。ビーム制限開口 1 0 4 の下方には、電子検出器（センサ） 1 0 5 が配置されている。センサ 1 0 5 には、図 9 と同様に、プリアンプ 1 0 6、微分回路 1 0 7、オシロスコープ 1 0 8 が接続されている。

【 0 0 1 1 】

このビームボケ計測系では、矩形ビーム E B 1 及びダミービーム E B 2 をナイフエッジ状基準マーク 1 0 1 上でスキャンすると、ナイフエッジ板 1 0 0 に吸収されない電子が下方へと通過する。この電子は、矩形ビーム E B 1 のナイフエッジ開口部 1 0 2 を通過した無散乱電子 e 1、矩形ビーム E B 1 のナイフエッジ板 1 0 2 を散乱透過した前方散乱電子 e 2、及び、ダミービーム E B 2 のナイフエッジ板 1 0 2 を散乱透過した前方散乱電子 e 2' である。次いで、これらの電子 e 1、e 2 及び e 2' はビーム制限開口 1 0 4 に至り、矩形ビーム E B 1 の無散乱電子 e 1 は同開口 1 0 4 を通過し、矩形ビーム E B 1 の前方散乱電子 e 2 のか

なりの部分は遮られる。しかし、ダミービームEB2の前方散乱電子 e_2' の相当の部分は、ビーム制限開口104を通過して電子検出器105に至る可能性がある。ダミービームEB2は、矩形ビームEB1に比して巨大であるため、散乱されつつ透過したダミービームEB2は無視できないほど大きい。したがって、この場合も、図10で説明した場合と同様に、ダミービームEB2の前方散乱電子 e_2' がノイズ源となり、波形がなまって測定精度が悪化する。

【0012】

ところで、大面積のパターンを一括して転写露光するタイプの電子線露光装置は、レチクルのサブフィールドの領域が非常に大きい（一例 $250\mu\text{m}$ 角）。このため、サブフィールド内の計測位置によって、ビームのボケに分布が生じることがシミュレーションで判明している。又は、スループットを向上するために電子ビームの電流を大きくすると、空間荷電効果に起因して、サブフィールド内のビームのボケに分布が生じることシミュレーションで判明している。これに対し、図11及び図12に示すビームボケ計測方法は、サブフィールド内における1点（ダミービームEB2内側の1箇所）のボケの計測はできるが、多数の計測位置でのボケの計測ができない。

【0013】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、サブフィールド内の多数の計測位置で高精度なビームボケの分布の測定を行うことができる等の利点を有する荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法は、感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法であって、前記原版パターンの位置（物面位置）に、計測用パターンを形成したレチクルを配置し、前記転写パターンの位置（像面位置）に、計測用のナイフエッジ状基

準マークを配置し、前記計測用パターンを通過した計測用荷電粒子ビームで前記ナイフエッジ状基準マークを走査し、前記ナイフエッジ状基準マークを通過した荷電粒子線をセンサで検出して処理することにより前記ビームのボケを測定し、前記ナイフエッジ状基準マークの非開口部（ナイフエッジ板）の前記センサ側直近にビーム制限開口を配して、該ナイフエッジ板を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分进行を遮ることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、ビーム制限開口でナイフエッジ板を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分进行を遮るので、実質的に、ナイフエッジ状基準マークを通過した荷電粒子線のみをセンサに入射させてビームボケを求めることが可能となる。そのため、計測のコントラストが悪化せず、高精度なビームボケの計測ができる。特に、ビーム制限開口によって、計測対象外の荷電粒子や、空間電荷効果の計測のためにビーム電流を調整するビーム（ダミービーム）をほぼ完全に遮ることができるので、理想的に近いコントラストにて、良好な検出波形を得ることができる。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記ナイフエッジ状基準マークから前記ビーム制限開口端縁を見込む角が、前記荷電粒子ビームの収束角よりも僅かに大きくなるよう、該ナイフエッジ状基準マークと該ビーム制限開口との間の距離（ギャップ）を選択することができる。

「僅かに大きくなる」好ましい範囲は、収束角の1.1倍から3倍程度である。

例えば、ビーム制限開口の開口径を $50\ \mu\text{m}$ 以下（好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 程度）とし、ナイフエッジ状基準マークからビーム制限開口端縁を見込む角が、 $10\ \text{mrad}$ 、荷電粒子線ビームの収束角が $5\ \text{mrad}$ である場合、ギャップは $2.5\ \text{mm}$ 程度に設定する。この場合、ナイフエッジ板を透過したダミービームのほとんど全てがビーム制限開口で遮られるので、ほぼ完全なコントラストで計測が可能になる。

【 0 0 1 7 】

さらに、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記

計測用のレチクル上の一括転写小領域（サブフィールド）内に、前記計測用パターンを分散させて複数配置し、該サブフィールド内のビームのボケの分布を測定することができる。

さらにまた、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記計測用のレチクルの計測用パターンの周りにダミーパターンを設け、該ダミーパターンを通過する荷電粒子線束（ダミービーム）の影響による空間電荷効果に起因する前記計測用荷電粒子線ビームのボケの分布を測定することができる。

【 0 0 1 8 】

サブフィールド内のビームのボケの分布や、空間電荷効果に起因する前記レチクルのサブフィールド内のビームのボケの分布を測定しつつ、電子光学系の調整や結像性能の評価を行うことにより、荷電粒子線露光装置を常に最良の状態に調整できる。さらに、ビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション）も容易である。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記ビーム制限開口と前記センサとの間に第2のビーム制限用開口を配置し、前記ナイフエッジ板で散乱した荷電粒子線を遮るものとすることができる。

この場合、計測のコントラストをさらに向上することができる。

【 0 0 2 0 】

本発明の荷電粒子線露光装置は、感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置であって、前記感応基板上の転写パターンの位置（像面位置）に配置された、開口を有する計測用のナイフエッジ状基準マークと、該マークの下方に配置された、該マークを通過した荷電粒子線を検出するセンサと、前記ナイフエッジ状基準マークの非開口部（ナイフエッジ板）の前記センサ側直近に配置された、該ナイフエッジ板を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分を遮るビーム制限開口と、前記センサの検出結果に基づきビームのボケを測定するビームボケ測定手段と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

ビーム制限開口の開口幅（開口径）は、 $50\mu\text{m}$ 以下（特に $10\mu\text{m}$ 程度）であることが好ましい。この場合、例えば $250\mu\text{m}$ 角程度の大きな領域のサブフィールドに対してもダミービームをほぼ完全に遮ることが可能である。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の荷電粒子線露光装置は、前記ビーム制限開口と前記センサとの間に配置された、前記ナイフエッジ板で散乱した荷電粒子線を遮る第2のビーム制限用開口をさらに備えることが好ましい。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ説明する。

図1は、本発明の一実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

図2は、同ビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

図3は、本発明の一実施例に係る電子線露光装置の光学系主要部の構成及びウエハステージ周りの構成を模式的に示す図である。

図4（A）はビームボケ計測に用いるレチクルのサブフィールドのパターンを示す平面図であり、図4（B）は図4（A）のパターンの転写ビームを示す平面図である。

図5は、同ビームボケ計測系における計測結果を説明するための図及びグラフである。

【 0 0 2 4 】

図3に示す電子線露光装置の光学系主要部の上部には、照明ビーム12及びレチクル11が示されている。照明ビーム12は、図示せぬ電子銃から発せられ照明光学系で成形される。レチクル11は計測用のレチクル（マスク）である。図4（A）には、レチクル11の $250\mu\text{m}$ 角のサブフィールド（一括転写小領域）のパターンが示されている。図4（A）に示すように、レチクル11のサブフィールドは、正方形棒状の外周部11aと、外周部11a内側の正方形形状の中心部11bと、これら外周部11aと中心部11bを繋ぐ4本の連結部11cとを

有する。外周部 1 1 a と中心部 1 1 b 間には、4 個の通過部 1 1 d が存在する。外周部 1 1 a の 4 箇所及び中心部 1 1 b の 1 箇所の計 5 箇所には、矩形開口 1 3 が形成されている。矩形開口 1 3 は、サブフィールドの各箇所において、X 方向と Y 方向とに 1 個ずつ形成されている。なお、通常の転写露光時には、転写したいデバイスパターンの形成されているレチクルを用いる。

【 0 0 2 5 】

図 4 (B) に分かり易く示すように、レチクル 1 1 の各矩形開口 1 3 を通過した照明ビームは、直線状のエッジをもつ計測用矩形ビーム E B 1 となる。レチクル 1 1 の通過部 1 1 d を通過した照明ビームは、空間電荷効果の計測のためにビーム電流を調整するダミービーム E B 2 となる。ダミービーム E B 2 は、計測用矩形ビーム E B 1 にクーロン効果を及ぼす。ダミービーム E B 2 を配することで、実際の露光時におけるクーロン効果を想定したビームボケの計測を行うことができる。なお、図 3 には、1 個の矩形開口 1 3 を通過した計測用矩形ビーム E B 1 のみを模式的に示している。

【 0 0 2 6 】

図 3 に戻って、レチクル 1 1 の下方には、2 段の投影レンズ 1 4、1 5 が配置されている。これら投影レンズ 1 4、1 5 の間には、コントラスト開口 1 7 が配置されている。レチクル 1 1 の矩形開口 1 3 で成形された計測用矩形ビーム E B 1 は、上段の投影レンズ 1 4 によって収束され、コントラスト開口 1 7 にクロスオーバーを形成する。コントラスト開口 1 7 は、レチクル 1 1 を散乱を受けつつ透過したビームをカットする。

【 0 0 2 7 】

下段の投影レンズ 1 5 の下方には、ウエハ（感応基板）ステージ 1 6 が配置されている。このステージ 1 6 上には、ナイフエッジ状基準マーク 1 が配置されている。ナイフエッジ状基準マーク 1 は、厚さ約 $2 \mu\text{m}$ の Si 薄膜（一例）で形成されている。なお、ウエハステージ 1 6 には、通常の転写露光時にウエハを載置するチャック（図示されず）も配置されている。

【 0 0 2 8 】

図 2 及び図 1 に示すように、ナイフエッジ状基準マーク 1 の下にはビーム制限

開口 5 が配置されている。ビーム制限開口 5 の開口板 5 b は、十分に厚い（例えば 1 mm）導電性の金属板であり、この開口板 5 b に当たった電子線は吸収される。ビーム制限開口 5 の開口径（図 2 の符号 d）は、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下（好ましくは $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度）である。このビーム制限開口 5 とナイフエッジ状基準マーク 1 との間の距離（図 1 の符号 h）は、ナイフエッジ状基準マーク 1 から開口端縁 5 a を見込む角（図 2 の符号 θ ）が、下段の投影レンズ 1 5 における矩形ビーム E B 1 の収束角よりも僅かに大きくなる寸法とする。この寸法 h の一例は、ナイフエッジ状基準マーク 1 からビーム制限開口 5 端縁を見込む角が 10 mrad 、電子ビームの収束角が 5 mrad である場合、 $h=2.5\text{mm}$ 程度に設定する。

【 0 0 2 9 】

ビーム制限開口 5 の下方には、電子検出器（センサ）6 が設置されている。この電子検出器 6 は、ファラデーカップ、半導体検出器、又は、シンチレータとフォトマルチプライヤーとを組み合わせたもの等から構成されている。電子検出器 6 には、プリアンプ 7、微分回路 8 及びオシロスコープ 9 が順に接続されている。

【 0 0 3 0 】

この電子線露光装置では、下段の投影レンズ 1 5 を通過した矩形ビーム E B 1 及びダミービーム E B 2 をナイフエッジ状基準マーク 1 上でスキャンすると、ナイフエッジ板 2 に吸収されない電子が下方へと通過する。この電子は、計測用矩形ビーム E B 1 のナイフエッジ開口部 3 を通過した無散乱電子 e 1、計測用矩形ビーム E B 1 のナイフエッジ板 2 を散乱透過した前方散乱電子 e 2、及び、ダミービーム E B 2 のナイフエッジ板 2 を散乱透過した前方散乱電子 e 2' である。次いで、これらの電子 e 1、e 2 及び e 2' はビーム制限開口 5 に至り、矩形ビーム E B 1 の無散乱電子 e 1 は同開口 5 を通過し、計測用矩形ビーム E B 1 の前方散乱電子 e 2 とダミービーム E B 2 の前方散乱電子 e 2' のほとんどは遮られる。したがって、ビーム制限開口 5 の下の電子検出器 6 では、ほとんど無散乱電子 e 1 のみが検出される。

【 0 0 3 1 】

電子検出器 6 で検出した無散乱電子 e 1 のビーム電流を図 5（B）上側のグラ

フ（検出電流波形）で示す。図 5（A）に示すように、計測用矩形ビーム E B 1 をナイフエッジ状基準マーク 1 上で矢印方向（右側）にスキャンすると、ナイフエッジ状基準マーク 1 を通過する計測用矩形ビーム E B 1 の幅（電子の量）が増加し、電子検出器で検出するビーム電流が増加する。このため、検出電流波形は、図 5（B）上側のグラフのように右上がりになる。このビーム電流は、図 1 のプリアンプ 7 で増幅された後、微分回路 8 で時間に対する変化率に換算される。

【 0 0 3 2 】

微分回路 8 から出力された微分波形を図 5（B）下側に示す。微分波形は、計測用矩形ビーム E B 1 がビームボケのない理想的なビームの場合は矩形波 W 1 となる。しかし、実際はビームボケのためになまった波形 W 2 となる。ここで、図 5（C）に分かり易く示すように、この波形 W 2 の立ち上がりの距離 t を、微分波形の強度の 12% ~ 88% の範囲で求める。この距離 t を求めることによりビームボケが測定できる。微分回路 8 の出力波形は、オシロスコープ 9 で表示される。オシロスコープ 9 で表示された波形に基づき、ビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション）や結像性能の評価を行う。

このように、ダミービーム E B 2 の前方散乱電子 $e 2'$ の相当の部分をビーム制限開口 5 で遮ることができるので、ビームのボケを精度良く計測することができる。

【 0 0 3 3 】

以下、本発明の他の実施例について説明する。

図 6 は、本発明の他の実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

この図に示すビームボケ計測系は、上述した実施例において、ビーム制限開口 5 と電子検出器 6 との間に、さらに第 2 のビーム制限開口 4 を配したものである。この第 2 のビーム制限開口 4 の開口板 4 b も、厚さ 1 mm 程度の導電性の金属板であり、この開口板 4 b に当たった電子線は吸収される。第 2 のビーム制限開口 4 とナイフエッジ状基準マーク 1 との間の距離（図 6 の符号 H）は、10 mm ~ 20 mm 程度である。第 2 のビーム制限開口 4 の開口径は、200 μ m ~ 400 μ m 程度である。

【 0 0 3 4 】

このようなビームボケ計測系では、ナイフエッジ状基準マーク 1 上でスキャンした計測用矩形ビーム E B 1 及びダミービーム E B 2 のうち、計測用矩形ビーム E B 1 の内のナイフエッジ開口部 3 を通過した無散乱電子 e 1、計測用矩形ビーム E B 1 の内のナイフエッジ板 2 を散乱透過した前方散乱電子 e 2、及び、ダミービーム E B 2 の内のナイフエッジ板 2 を散乱透過した前方散乱電子 e 2' が下方へ進む。そして、計測用矩形ビーム E B 1 の無散乱電子 e 1 はビーム制限開口 5 を通過し、ダミービーム E B 2 の前方散乱電子 e 2' はビーム制限開口 5 でほとんど遮られる。

【 0 0 3 5 】

ここで、計測用矩形ビーム E B 1 の前方散乱電子 e 2 のうち、ナイフエッジ状基準マーク 1 で多重散乱してビーム制限開口 5 を通過した前方散乱電子 e 2'' が存在する場合、この電子 e 2'' はビーム制限開口 5 の下方の第 2 のビーム制限開口 4 で遮られる。したがって、電子検出器 6 では、ほとんど無散乱電子 e 1 のみが検出される。これによって、コントラストがさらに向上するので、一層高精度なビームボケの計測が可能になる。

【 0 0 3 6 】

図 7 (A) は本発明の他の実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測に用いるレチクルのサブフィールドのパターンを示す平面図であり、図 7 (B) は図 7 (A) のパターンの転写ビームを示す平面図である。

図 7 (A) に示すレチクル 3 1 は、X 方向と Y 方向とに 1 個ずつ形成された矩形開口 3 3 が、1 つのサブフィールド (2 5 0 m m 角) において 5 行 5 列に並んでいるものである。このようなレチクル 3 1 の転写像は、図 7 (B) に示すような計測用矩形ビーム E B 3 のビーム群となる。

【 0 0 3 7 】

このようなビーム群は、レチクルのサブフィールドの歪みの測定に用いることができる。すなわち、例えば図 7 (B) に示す位置にビーム制限開口 5 を配置し、計測用矩形ビーム E B 3 をナイフエッジ状基準マーク 1 上でスキャンすると、スキャン波形から計測用矩形ビーム E B 3 のナイフエッジ状基準マーク 1 に対す

る相対位置を求めることができる。さらに、ウエハステージ16をX方向、Y方向に動かしてビーム制限開口5を移動させ、図7（B）のビーム群の各計測用矩形ビームEB3のそれぞれについて計測を行う。各計測用矩形ビームEB3の計測結果に基づき、サブフィールド全体の歪みを精度良く計測することができる。そして、このようなボケの分布の計測に基づき、電子光学系の調整や結像性能の評価を行うことにより、荷電粒子線露光装置を常に最良の状態に調整できる。さらに、ビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション）も容易である。

【0038】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、レチクルのサブフィールド内の多数の計測位置で高精度なビームボケの測定を行うことができ、非常に高精度に装置を調整することができる。

ナイフエッジ状基準マークからビーム制限開口端縁を見込む角が、荷電粒子ビームの収束角よりも僅かに大きくなるよう、ナイフエッジ状基準マークとビーム制限開口との間の距離（ギャップ）を選択する場合は、ほぼ完全なコントラストでビームのボケの計測が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

【図2】

同ビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

【図3】

本発明の一実施例に係る電子線露光装置の光学系主要部の構成及びウエハステージ周りの構成を模式的に示す図である。

【図4】

図4（A）はビームボケ計測に用いるレチクルのサブフィールドのパターンを示す平面図であり、図4（B）は図4（A）のパターンの転写ビームを示す平面

図である。

【図 5】

同ビームボケ計測系における計測結果を説明するための図及びグラフである。

【図 6】

本発明の他の実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

【図 7】

図 7 (A) は本発明の他の実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測に用いるレチクルのサブフィールドのパターンを示す平面図であり、図 7 (B) は図 7 (A) のパターンの転写ビームを示す平面図である。

【図 8】

従来の電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

【図 9】

同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

【図 10】

同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

【図 11】

電子線露光装置のビームボケ計測系の他の例を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

【図 12】

同ビームボケ計測系を上面から見た状態を模式的に示す平面図である。

【符号の説明】

- | | |
|----------------|-------------|
| 1 ナイフエッジ | |
| 2 ナイフエッジ板 | 3 ナイフエッジ開口部 |
| 4 第 2 のビーム制限開口 | 5 ビーム制限開口 |
| 5 a 開口端縁 | 5 b 開口板 |
| 6 電子検出器 (センサ) | 7 プリアンプ |
| 8 微分回路 | 9 オシロスコープ |
| 1 1 レチクル | 1 2 照明ビーム |

1 3 矩形開口

1 4、1 5 投影レンズ

1 6 ウエハステージ

1 7 コントラスト開口

E B 1 計測用矩形ビーム

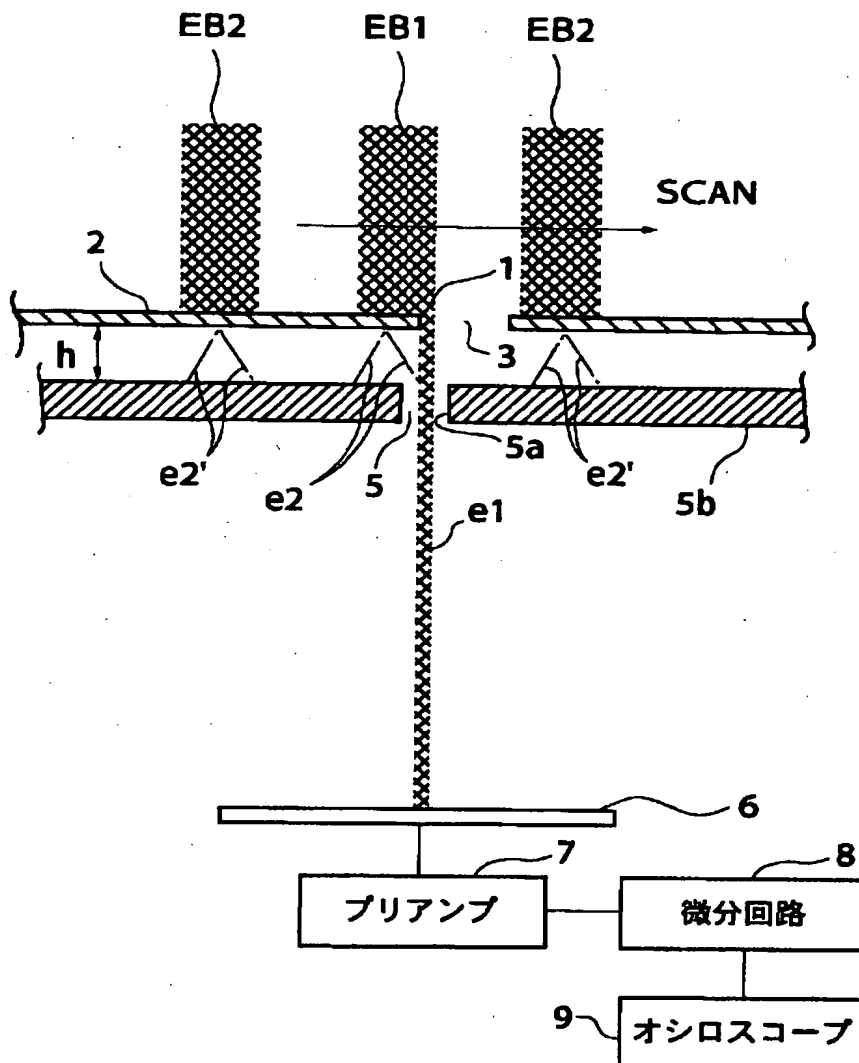
E B 2 ダミービーム

e 1 無散乱電子

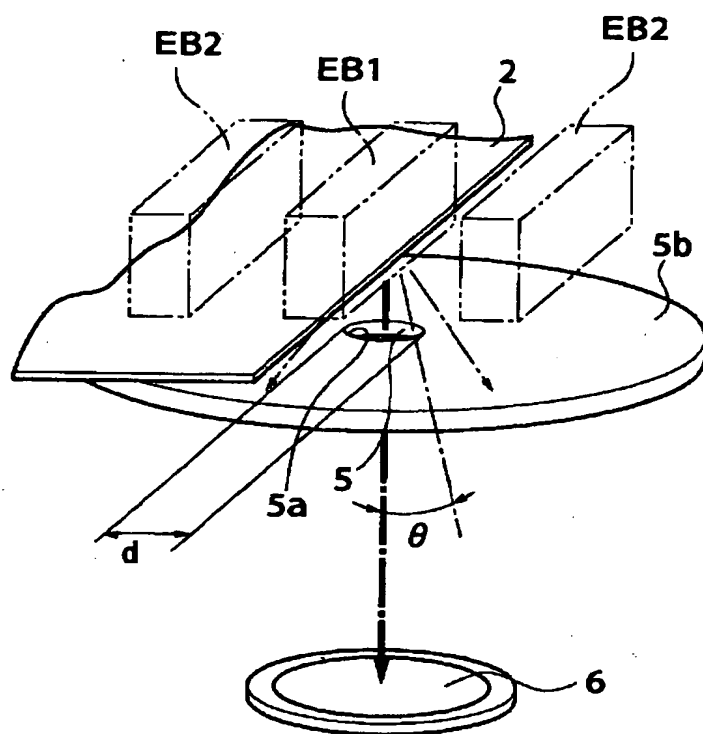
e 2、e 2'、e 2'' 前方散乱電子

【書類名】 図面

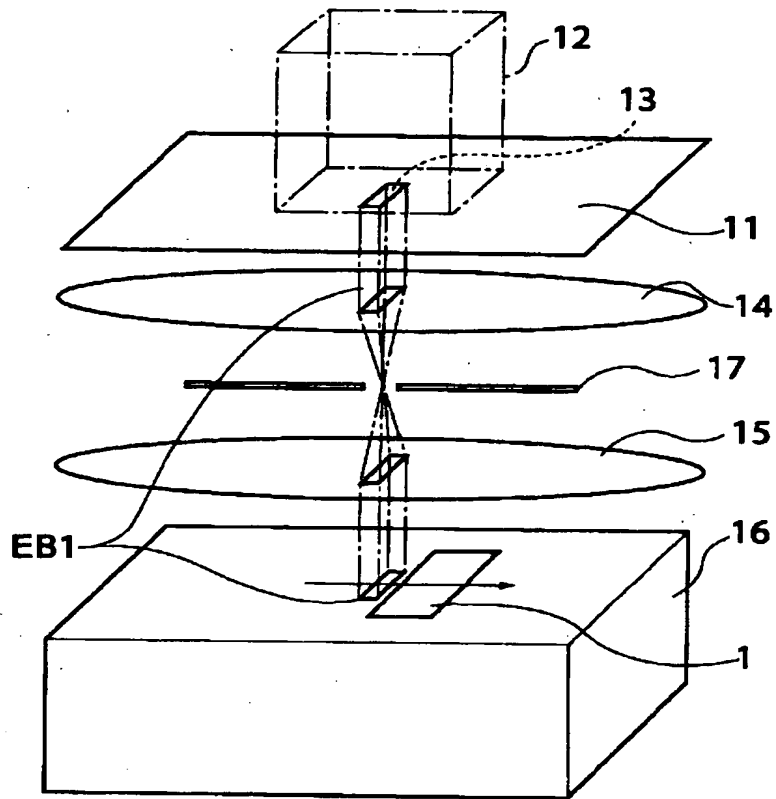
【図 1】



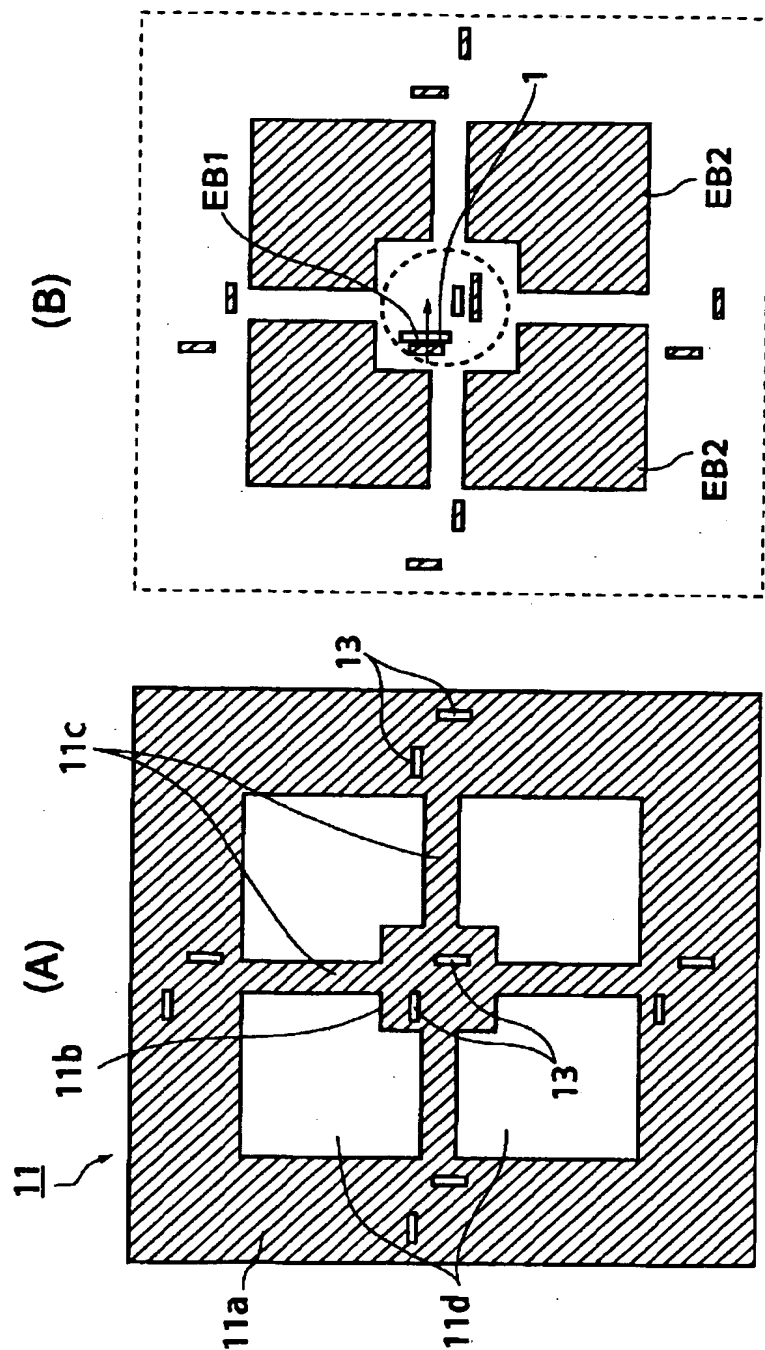
【図2】



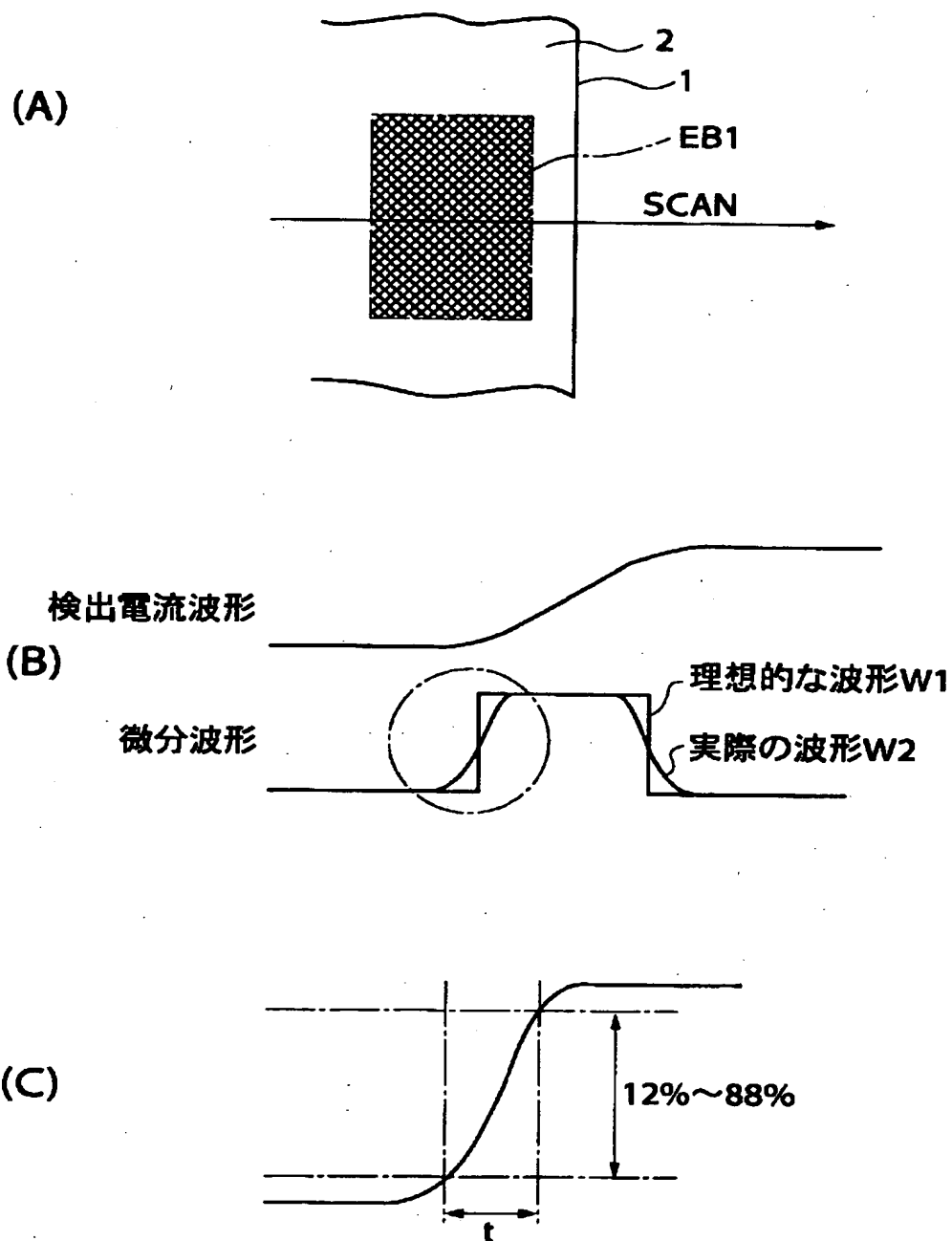
【図3】



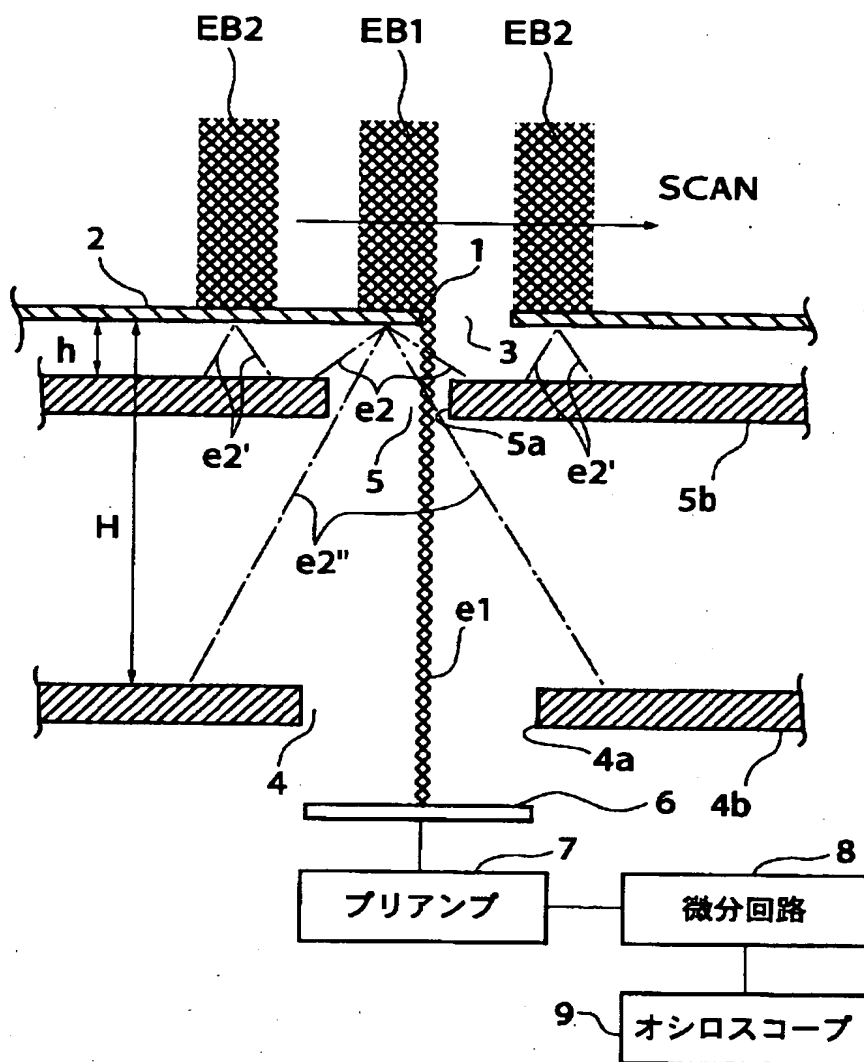
【図4】



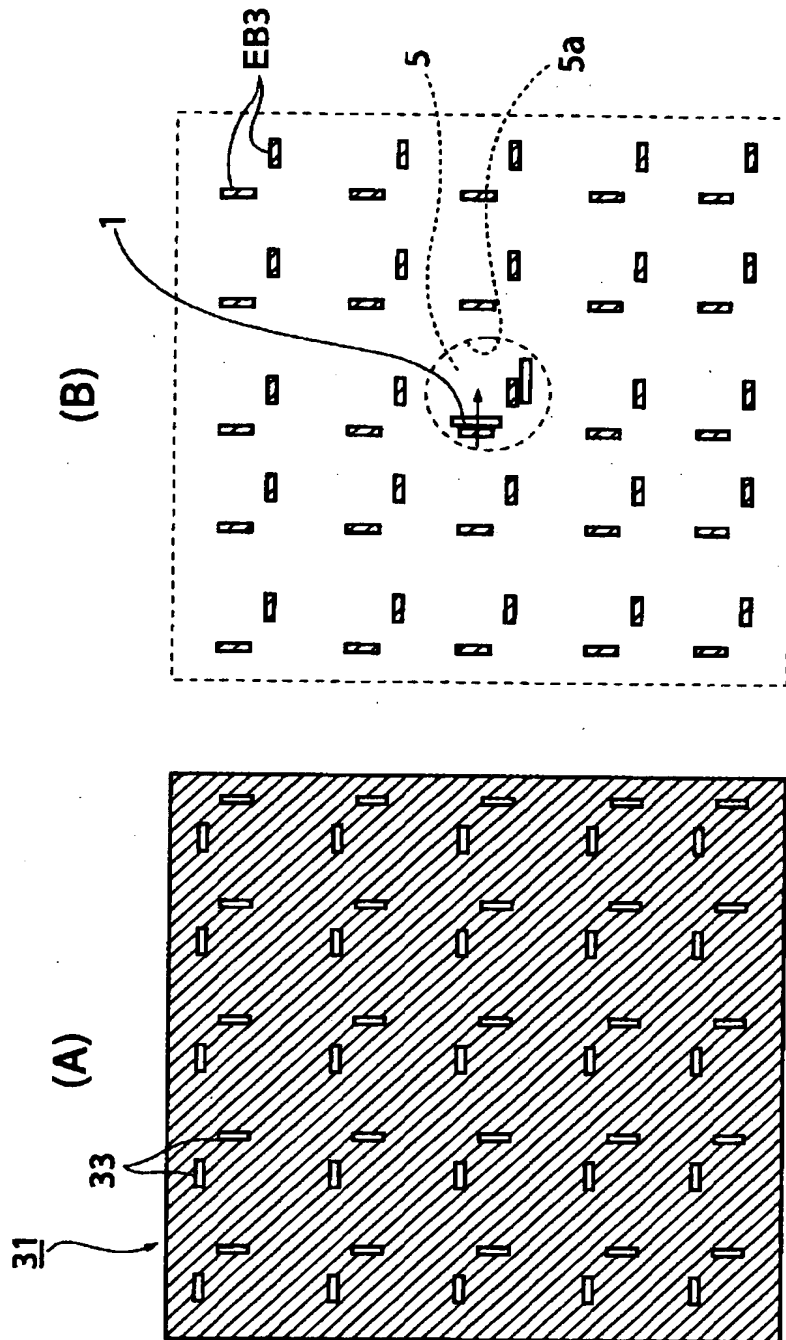
【図5】



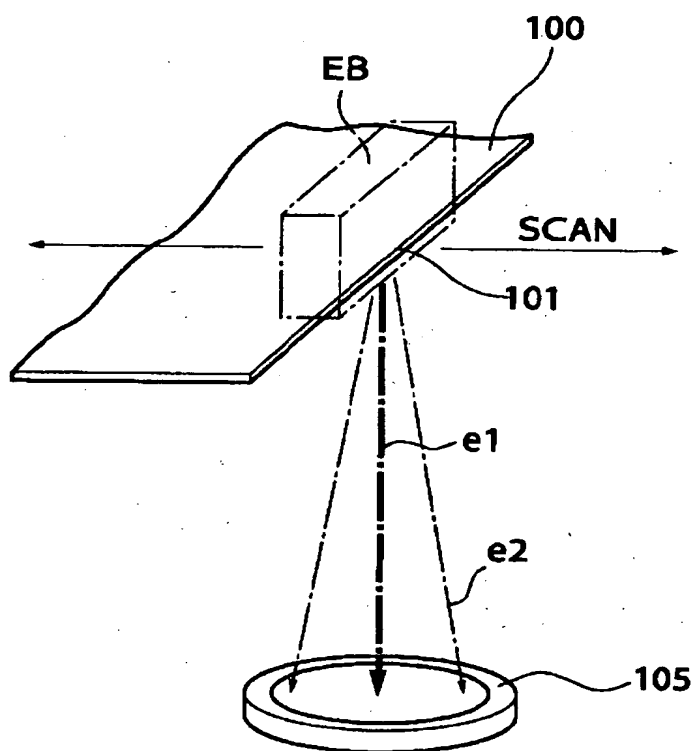
【図6】



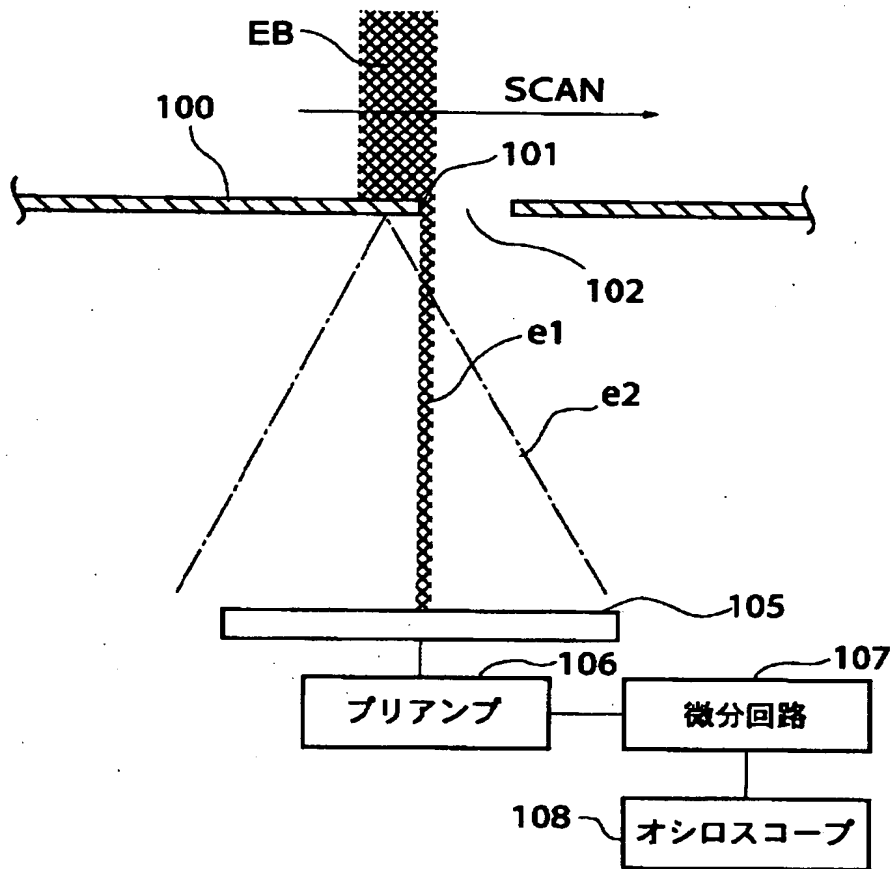
【图 7】



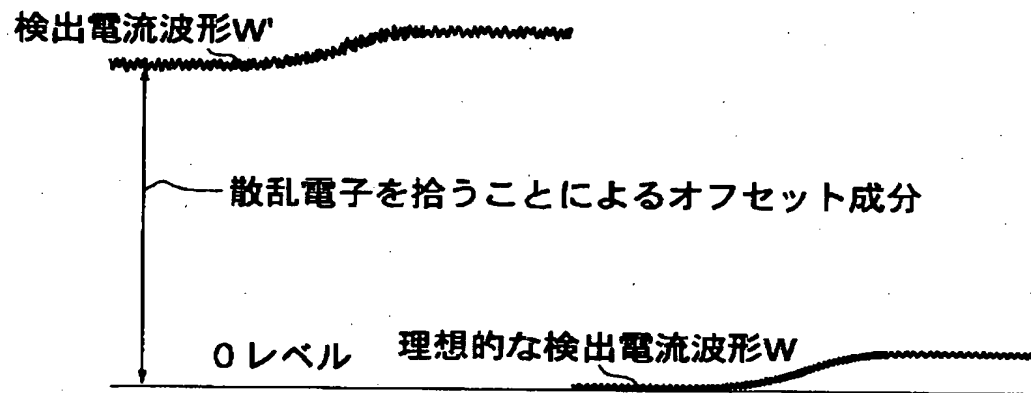
【図 8】



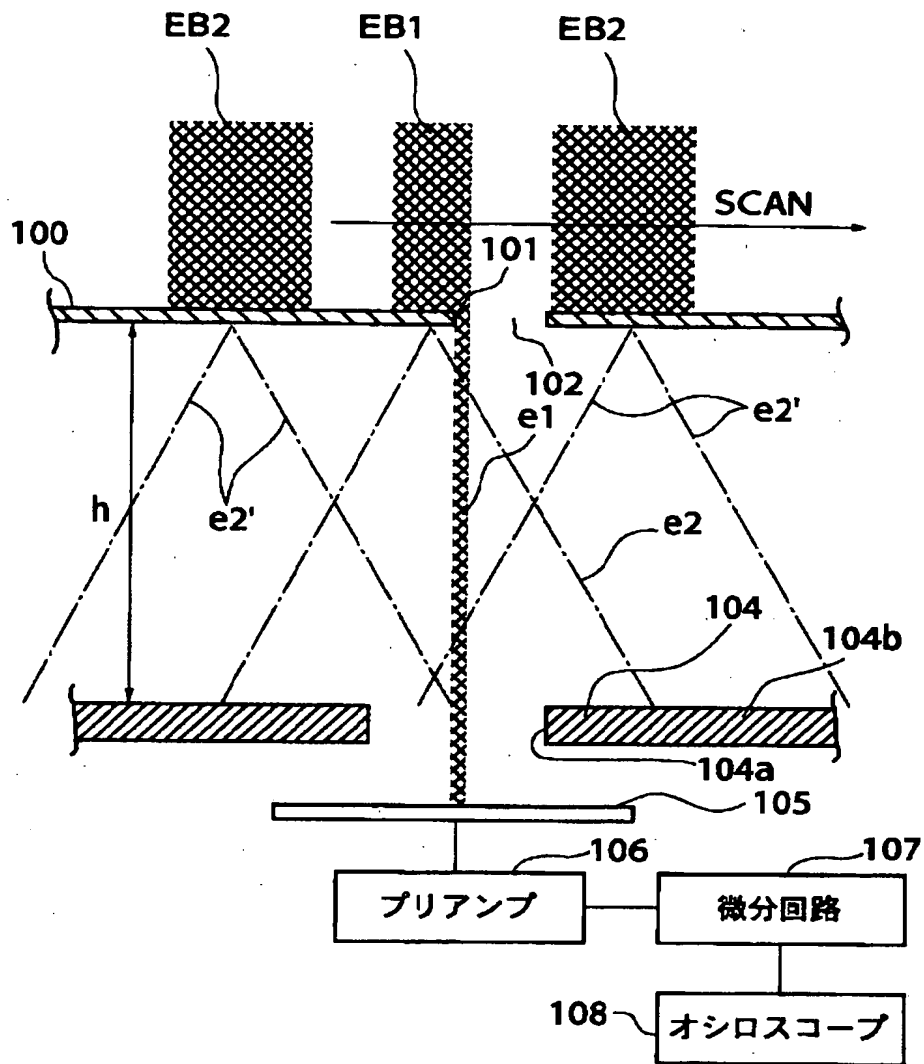
【図9】



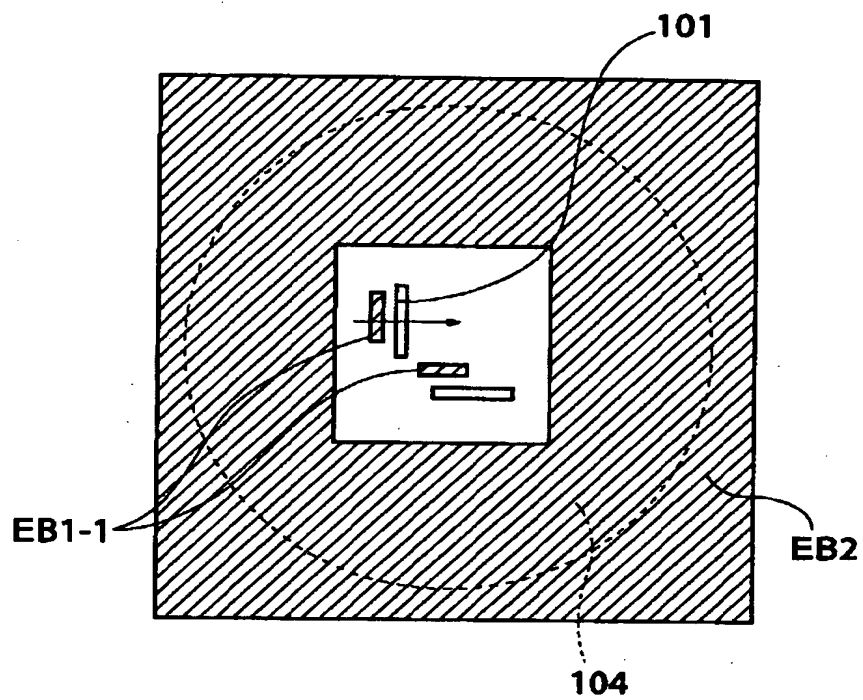
【図 1 0】



【図 11】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 サブフィールド内の多数の計測位置で高精度なビームボケの分布の測定を行うことができる等の利点を有する荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置を提供する。

【解決手段】 ナイフエッジ状基準マーク 1 の下にはビーム制限開口 5 が配置されている。ビーム制限開口 5 の開口径は $50\ \mu\text{m}$ 以下（好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 程度）である。ビーム制限開口 5 とナイフエッジ状基準マーク 1 との間の距離 h は、ナイフエッジ状基準マーク 1 から開口端縁 5 a を見込む角が、下段の投影レンズ 1 5 における矩形ビーム E B 1 の収束角よりも僅かに大きくなる寸法とする。ビーム制限開口 5 によって、計測用矩形ビーム E B 1 の前方散乱電子 e_2 とダミービーム E B 2 の前方散乱電子 e_2' のほとんどは遮られる。したがって、ビーム制限開口 5 の下の電子検出器 6 では、ほとんど無散乱電子 e_1 のみが検出される。

【選択図】 図 1

特2001-043195

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-043195
受付番号	50100234192
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成13年 2月21日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 2月20日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン